

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-126889

(43)Date of publication of application : 15.05.1998

(51)Int.Cl.

H04R 17/00

A61B 8/00

G01N 29/24

(21)Application number : 08-272313

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 15.10.1996

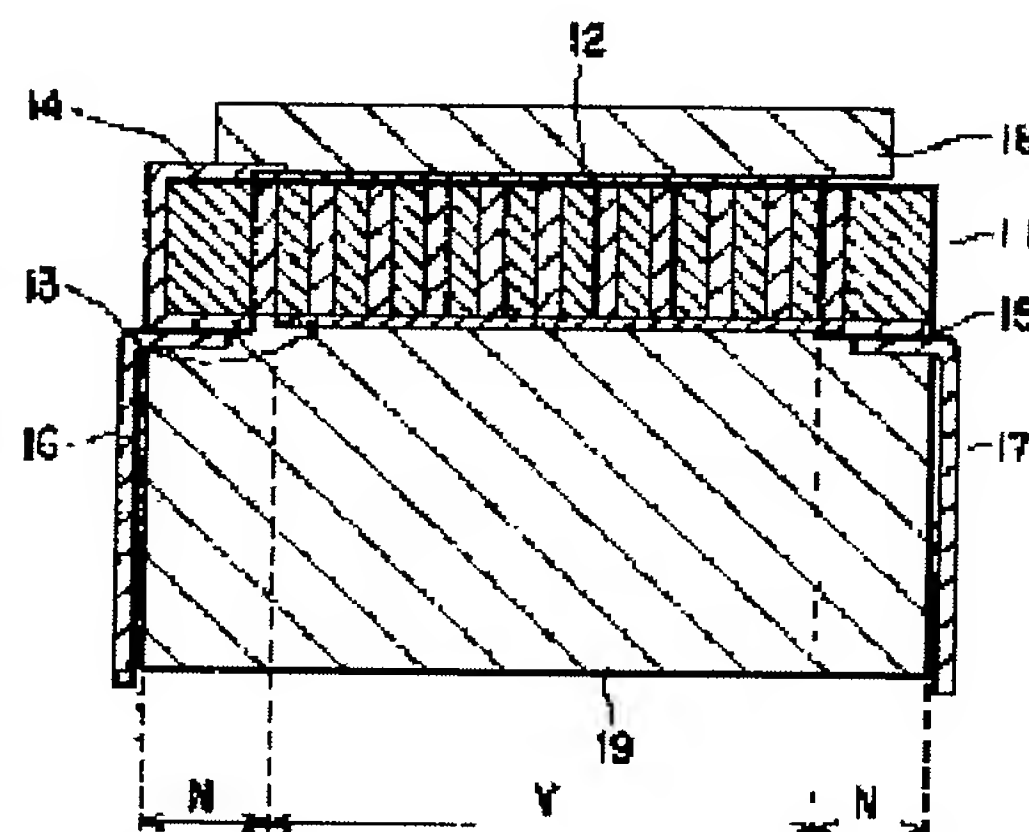
(72)Inventor : HASHIMOTO SHINICHI
TEZUKA SATOSHI
KOMIYAMA ISAO

(54) MANUFACTURE OF ULTRASONIC TRANSDUCER AND COMPOSITE PIEZOELECTRIC BODY

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To reduce the manufacturing time and cost of a composite piezoelectric body, to lower the electromechanical combining coefficient, to improve its sensitivity and to prevent a defect of electrodes.

SOLUTION: In the process for manufacturing a composite piezoelectric body 11, the process of division grooves in a slice direction is canceled in ineffective parts N and performed only on an effective part Y, and a shard electrode 12 and a driving electrode 13 composed of thin film electrodes are formed to the effective part Y concerning with oscillation of the composite piezoelectric body 11 (generation of ultrasonic), while an auxiliary shared electrode 14 and an auxiliary driving electrode 15 composed of stained silver electrodes are formed to the ineffective parts N which does not oscillate.



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-126889

(43)公開日 平成10年(1998) 5月15日

(51)Int.Cl.⁶
H 0 4 R 17/00
A 6 1 B 8/00
G 0 1 N 29/24

識別記号
3 3 2
5 0 2

F I
H 0 4 R 17/00
A 6 1 B 8/00
G 0 1 N 29/24

3 3 2 Y
5 0 2

審査請求 未請求 請求項の数14 O L (全 12 頁)

(21)出願番号 特願平8-272313

(22)出願日 平成8年(1996)10月15日

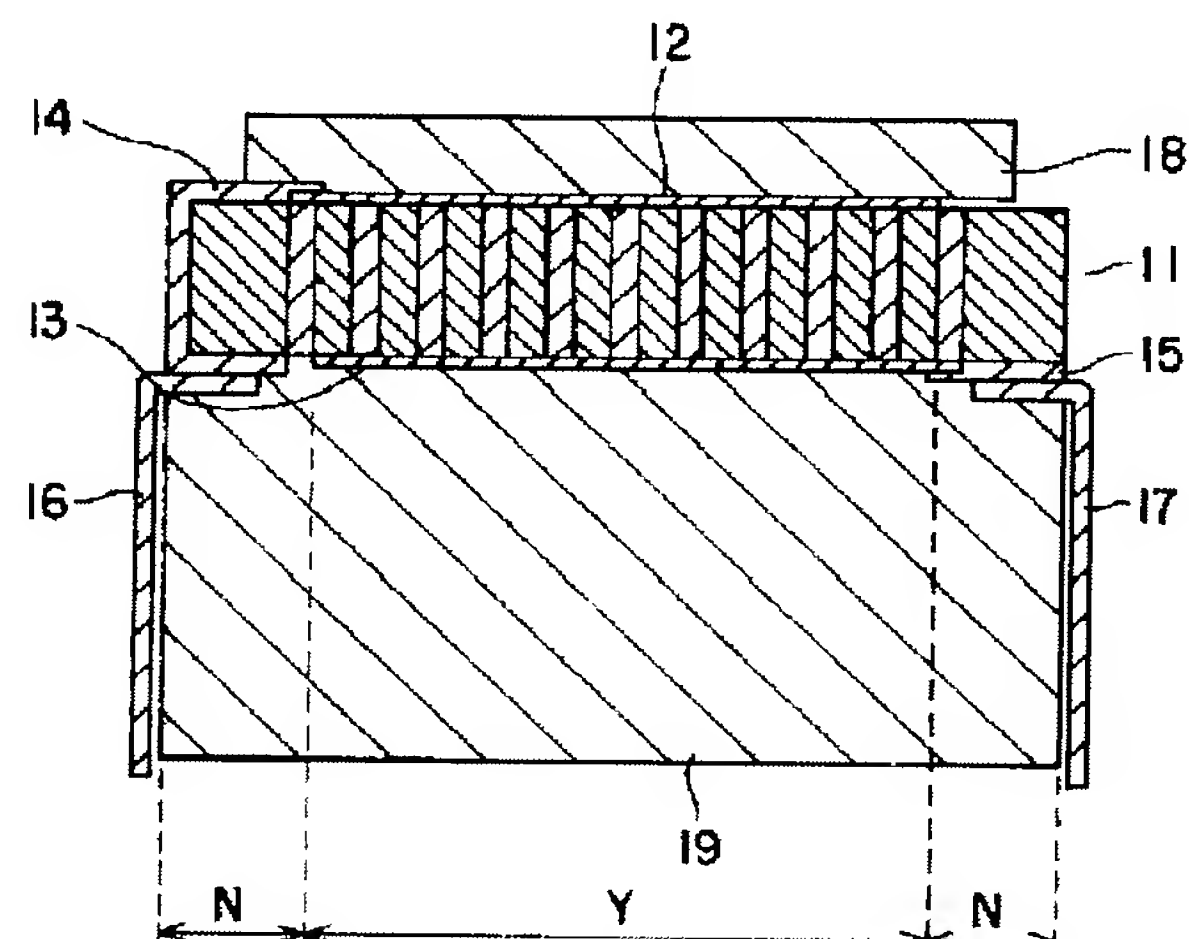
(71)出願人 000003078
株式会社東芝
神奈川県川崎市幸区堀川町72番地
(72)発明者 橋本 新一
栃木県大田原市下石上1385番の1 株式会
社東芝那須工場内
(72)発明者 手塚 智
栃木県大田原市下石上1385番の1 株式会
社東芝那須工場内
(72)発明者 小宮山 功
栃木県大田原市下石上1385番の1 株式会
社東芝那須工場内
(74)代理人 弁理士 鈴江 武彦 (外6名)

(54)【発明の名称】 超音波トランスジューサ及び複合圧電体の製造方法

(57)【要約】

【課題】複合圧電体の製造時間及びコストを低減し、その電気機械結合係数を低くして、その感度の向上を図り、電極の不良を防止する。

【解決手段】複合圧電体11を製造する工程においてスライス方向における分割溝の加工が無効部分Nでは取り消されて有効部分Yのみとし、複合圧電体11の振動(超音波発生)に関与する有効部分Yに対しては、薄膜電極からなる共通電極12及び駆動電極13を形成して、その振動しない無効部分Nに対しては、焼き付け銀電極からなる補助共通電極14及び補助駆動電極15を形成したもの。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 圧電セラミックスから形成された圧電振動子を使用して超音波を出力し、その反射した超音波を受信する超音波トランスジューサにおいて、前記圧電振動子からなる圧電体は、直接的に超音波を出力するための振動に関与する有効部分と、直接的に超音波を出力するための振動に関与しない無効部分とを有し、前記有効部分は、圧電セラミックスと樹脂とからなる複合圧電体で形成されており、前記無効部分は、樹脂を含まない圧電セラミックスからなる非複合圧電体構造を中心として形成されたことを特徴とする超音波トランスジューサ。

【請求項2】 前記有効部分の複合圧電体は、柱状の圧電セラミックスを配列し、その間を樹脂で接合した1-3型複合圧電体としたことを特徴とする請求項1記載の超音波トランスジューサ。

【請求項3】 圧電セラミックスから形成された圧電振動子を使用して超音波を出力し、反射した超音波を受信する超音波トランスジューサにおいて、前記圧電振動子からなる圧電体は、直接的に超音波を出力するための振動に関与する有効部分と、直接的に超音波を出力するための振動に関与しない無効部分とを有し、前記圧電振動子に駆動電力を供給する電極の前記無効部分は前記有効部分に比較して付着強度の高い材料を使用したことを特徴とする超音波トランスジューサ。

【請求項4】 圧電セラミックスから形成された圧電振動子を使用して超音波を出力し、その反射した超音波を受信する超音波トランスジューサにおいて、前記圧電振動子からなる圧電体は、直接的に超音波を出力するための振動に関与する有効部分と、直接的に超音波を出力するための振動に関与しない無効部分とを有し、前記有効部分は、圧電セラミックスと樹脂とからなる複合圧電体で形成されており、前記無効部分は、樹脂を含まない圧電セラミックスからなる非複合圧電体構造を中心として形成され、前記圧電振動子に電力を供給する電極の前記有効部分に接触する部分は金属薄膜により形成し、前記無効部分に接触する部分は焼き付け銀電極により形成したことを特徴とする超音波トランスジューサ。

【請求項5】 圧電セラミックスから形成された圧電振動子を使用して超音波を出力し、その反射した超音波を受信する超音波トランスジューサにおいて、前記圧電振動子からなる圧電体の超音波出力面又はこの超音波出力面の反対側の面のいずれか一方又は両方に金

属箔を補助電極又は電極として配置したことを特徴とする超音波トランスジューサ。

【請求項6】 圧電セラミックスから形成された圧電振動子を使用して超音波を出力し、その反射した超音波を受信する超音波トランスジューサにおいて、前記圧電振動子からなる圧電体の超音波出力面又はこの超音波出力面の反対側の面のいずれか一方又は両方に導電性接着物質からなる導電層を補助電極又は電極として配置したことを特徴とする超音波トランスジューサ。

【請求項7】 前記導電層は、超音波の出力及び受信特性を改善する音響整合の機能を有するように形成されていることを特徴とする請求項6記載の超音波トランスジューサ。

【請求項8】 前記圧電体は、圧電セラミックスと樹脂とからなる複合圧電体であることを特徴とする請求項5乃至請求項7のいずれか1項記載の超音波トランスジューサ。

【請求項9】 前記圧電体は、圧電セラミックスと空隙とからなる構造を備えたことを特徴とする請求項5乃至請求項7のいずれか1項記載の超音波トランスジューサ。

【請求項10】 前記圧電セラミックスの超音波出力面又はこの超音波出力面の反対側の面のいずれか一方の面又は両方の面に焼き付け銀電極を形成したことを特徴とする請求項8乃至請求項9のいずれか1項記載の超音波トランスジューサ。

【請求項11】 独立して超音波を出力すると共にそれぞれ反射した超音波を受信する複数の圧電振動子を備えたアレイ型であることを特徴とする請求項1乃至請求項10のいずれか1項記載の超音波トランスジューサ。

【請求項12】 超音波トランスジューサで使用される複合圧電体の製造方法において、圧電セラミックス間の間隙に表面硬化型の樹脂を充填する充填工程と、この充填工程で前記圧電セラミックス間の間隙に充填された前記樹脂の超音波出力面及びこの超音波出力面に対応する表面層を硬化させる硬化工程と、この硬化工程で表面層が硬化した樹脂の内部の硬化しない部分を取り除いて前記圧電セラミックス間に硬化した前記樹脂よりも音響インピーダンスの十分小さな材料で置換する置換工程とを備えたことを特徴とする複合圧電体の製造方法。

【請求項13】 表面硬化型の前記樹脂は、紫外線硬化樹脂であることを特徴とする請求項12記載の複合圧電体の製造方法。

【請求項14】 前記音響インピーダンスの十分小さな材料として気体を用いることを特徴とする請求項12及び請求項13のいずれか1項記載の複合圧電体の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、圧電セラミックスから形成された圧電振動子を使用して超音波を出力し、その反射した超音波を受信する超音波トランスジューサ及びこの超音波とランジューサで使用される複合圧電体の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】超音波診断装置や探傷装置等を使用されている超音波探触子では、超音波の出力及び受信を行うために圧電振動子が使用されているが、一般にこの圧電振動子の材料として圧電セラミックスが使用されている。近年、圧電セラミックスと高分子材料とを複合化した超音波探触子用の複合圧電体が開発されている。この複合圧電体は、柱状の圧電セラミックスの間に樹脂を注入し、前面(超音波の出力面)及び背面(超音波の出力面の反対側の面)に電極を形成したもので、この複合圧電体を圧電板(圧電振動子)として使用する超音波プローブが開発されている。

【0003】複合圧電体は、一般に通常の(圧電セラミックスのみからなる)圧電体に比べて音響インピーダンスが小さく、電気機械結合係数(電気と超音波の変換効率)が高いため、高感度な高分解能を備えた要素として期待されている。しかし、この複合圧電体の製法には各種方法があるが、一般的に製造された圧電セラミックス板を加工して複合圧電体を製造するものが多い。

【0004】複合圧電体は、圧電セラミックスを柱状でかつ小形化することによって、圧電体としての電気機械結合係数を高くして感度を増大させることができる。この圧電体に占める圧電セラミックスの比率を小さくして、圧電板(圧電振動子)としての音響インピーダンスを低減することによって、撮影対象としての生体との音響整合が向上する。

【0005】この複合圧電体を使用した超音波プローブを実現する手段として、特開昭60-85699号や特開平4-200097号等に記載されているように、圧電セラミックス板を分割し、間隙に樹脂を充填して複合圧電体を形成した後、この複合圧電体の前面及び背面に薄膜電極を蒸着・スパッタ等の技術によって形成して圧電板とする方法が開発されている。

【0006】以下、上述した従来の複合圧電体の製造方法の一例を詳細に説明する。図8は、複合圧電体の製造工程を示す図である。図8(a)に示すような圧電セラミックス板101の一方の面において、ダイシングマシンやワイヤソー等により、図8(b)に示すように、予め設定された深さで格子状の溝102を形成する。すなわち、圧電セラミックス板101の反対側の面はそのまま残す。次に、図8(c)に示すように、格子状の溝102にエポキシ樹脂103を充填して加熱硬化あるいは室温硬化させる。このエポキシ樹脂が完全に硬化した後、図8(d)に示すように、圧電セラミックス板10

1の溝102の形成面の反対側のそのまま残した面を研削加工又は研磨加工により、予め設定された深さを厚さとして、完全に圧電セラミックスが柱状に分割されるまで成形する。このとき、柱状の圧電セラミックスはエポキシ樹脂により確実に接合されている。このようにして製造された、2次元配列の柱状の圧電セラミックスエレメントをエポキシ樹脂で接合した複合圧電体には、その前面及び背面に薄膜電極や導電性のペースト等により電極が形成される。なお、薄膜電極の形成法としては、蒸着法又はスパッタ法等がある。

【0007】複合圧電体を構成している樹脂部は、一般に柔軟な樹脂の方が圧電体(圧電振動子)として特性が優れていると評価されているが、製造上の問題から実際に充填樹脂として使用されているのは、比較的硬いエポキシ樹脂等が知られている。

【0008】複合圧電体を使用してアレイ状の超音波プローブ(アレイプローブ)を実現する場合には、複合圧電体の前面及び背面のいずれか一方に予め一方(後にアレイ方向となる)に分割した電極を形成し、その後で音響整合層、バックング材等を形成する第1の方法と、複合圧電体の前面及び背面の全面に電極を一時的に形成しておき、さらに音響整合層及びバックング材等を形成し、その後で一方(アレイ方向となる)に電極(及び付随する他の部材)を分割する第2の方法とがある。

【0009】しかし、現状では、予め設定された形状の電極を形成しなければならない第1の方法に比べて、第2の方法の方が既存の高精度な加工技術が使用でき、製造の技術、時間、コストを低く抑えることができる。

【0010】図9に、従来の複合圧電体を使用した超音波トランスジューサを要部構成を示すスライス方向の断面図である。複合圧電体111の前面(上面)には薄膜電極により共通電極112が形成され、その背面(下面)にはこの複合圧電体111のアレイ方向(アレイ方向及びスライス方向)において複数個に分割して形成された振動素子(図示せず)毎に薄膜電極により駆動電極113が形成されている。なお、共通電極112は、スライス方向に複合圧電体111の下面に引き回されている。

【0011】なお、複合圧電体111は樹脂が構成要素として含まれているので、焼き付け銀電極を形成するとき、その焼き付けの温度で樹脂が溶けて燃えてしまうという問題があり、焼き付け銀電極を形成することができない。従って、複合圧電体の電極としては、スパッタ法又は蒸着法によって形成する上記薄膜電極又は、導電性接着剤によって導電層として形成する電極等が使用されている。

【0012】共通電極112の上面には、音響整合層114が形成され、共通電極112の複合圧電体111の下面に引き回された部分には、アース線を引出すためのアース板115が導電性ペースト116により接続され

ている。また、駆動電極113の共通電極112が引き回された側と反対側の端部には、信号線を引出すための信号用のフレキシブル配線板(以下、信号用FPCと称する)117が導電性ペースト118により接続されている。なお、アース板115は単にリード線であっても良い。複合圧電体111の下面、共通電極112の引き回された部分の下面、駆動電極113の下面、アース板115が接続された部分の下面及び信号用FPC117が接続された部分の下面には、バッキング材119が形成されている。共通電極112及び駆動電極113のいずれか一方が形成されていない柱状の圧電セラミックス(振動素子エレメント)及びFPC115、117が接続された部分上の柱状の圧電セラミックスは振動せず、超音波トランスジューサとしては無効部分になる。すなわち、共通電極112及び駆動電極113が両面に形成されており、各FPC113、115が接続された部分上ではない柱状の圧電セラミックスは、実際に振動(超音波発生)に寄与する有効部分となる。従って、図9においては、複合圧電体111の両端のそれぞれ2個の柱状の圧電セラミックスは振動せず、その両部分は無効部分であり、その間の部分が有効部分である。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】上述したように、複合圧電体の従来の製造方法では、製造された圧電セラミックスをさらに加工しているので、時間及びコストが上昇するという問題があった。

【0014】また、アレイ状の超音波プローブを実現する方法としての、複合圧電体の前面及び背面の全面に電極を形成し、音響整合層及びバッキング材等を形成した後、アレイ方向に電極を分割する方法(第2の方法)では、複合圧電体の前面及び背面に形成される電極について、複合圧電体と電極との接合強度及び電極(薄膜電極)自体の強度が低い(小さい)ため、分割(加工)の際に複合圧電体から電極が剥離する不良や電極自体が損傷(断裂)する不良が発生する虞があり、製造上の歩留まりが低いという問題があった。

【0015】さらに、上述したように、複合圧電体の電極は薄膜電極又は導電性ペースト等で形成するので、電極から信号引出用のリード部材(例えばフレキシブルプリント配線板=FPC)を接続するときに半田付けが使用できず、導電性接着剤等による接続を行っていたので、その接続部の強度が弱いという問題があった。また、複合圧電体の柱状の圧電セラミックス間の間隙を樹脂で充填しているが、何も充填しない空隙であった場合に比べて、電気機械結合係数が小さい、すなわち、電気と超音波の変換効率が低いという問題があった。

【0016】そこでこの発明は、複合圧電体の製造時間及びコストを低減することができる超音波トランスジューサを提供することを目的とする。また、複合圧電体の電気機械結合係数を高くして、感度の向上を図ることが

できる超音波トランスジューサを提供することを目的とする。また、複合圧電体の電極の不良を防止することができる超音波トランスジューサを提供することを目的とする。さらに、電気機械結合係数の高い複合圧電体を簡単に製造することができる複合圧電体の製造方法を提供することを目的とする。

【0017】

【課題を解決するための手段】請求項1対応の発明は、圧電セラミックスから形成された圧電振動子を使用して超音波を出力し、その反射した超音波を受信する超音波トランスジューサにおいて、圧電振動子からなる圧電体は、直接的に超音波を出力するための振動に関与する有効部分と、直接的に超音波を出力するための振動に関与しない無効部分とを有し、有効部分は、圧電セラミックスと樹脂とからなる複合圧電体で形成されており、無効部分は、樹脂を含まない圧電セラミックスからなる非複合圧電体構造を中心として形成されたものである。請求項2対応の発明は、請求項1対応の発明において、有効部分の複合圧電体は、柱状の圧電セラミックスを配列し、その間を樹脂で接合した1-3型複合圧電体としたものである。

【0018】請求項3対応の発明は、圧電セラミックスから形成された圧電振動子を使用して超音波を出力し、反射した超音波を受信する超音波トランスジューサにおいて、圧電振動子からなる圧電体は、直接的に超音波を出力するための振動に関与する有効部分と、直接的に超音波を出力するための振動に関与しない無効部分とを有し、圧電振動子に駆動電力を供給する電極の無効部分は前記有効部分に比較して付着強度の高い材料を使用したものである。請求項4対応の発明は、圧電セラミックスから形成された圧電振動子を使用して超音波を出力し、その反射した超音波を受信する超音波トランスジューサにおいて、圧電振動子からなる圧電体は、直接的に超音波を出力するための振動に関与する有効部分と、直接的に超音波を出力するための振動に関与しない無効部分とを有し、有効部分は、圧電セラミックスと樹脂とからなる複合圧電体で形成されており、無効部分は、樹脂を含まない圧電セラミックスからなる非複合圧電体構造を中心として形成され、圧電振動子に電力を供給する電極の有効部分に接触する部分は金属薄膜により形成し、無効部分に接触する部分は焼き付け銀電極により形成したものである。

【0019】請求項5対応の発明は、圧電セラミックスから形成された圧電振動子を使用して超音波を出力し、その反射した超音波を受信する超音波トランスジューサにおいて、圧電振動子からなる圧電体の超音波出力面又はこの超音波出力面の反対側の面のいずれか一方又は両方に金属箔を補助電極又は電極として配置したものである。請求項6対応の発明は、圧電セラミックスから形成された圧電振動子を使用して超音波を出力し、その反射

した超音波を受信する超音波トランスジューサにおいて、圧電振動子からなる圧電体の超音波出力面又はこの超音波出力面の反対側の面のいずれか一方又は両方に導電性接着物質からなる導電層を補助電極又は電極として配置したものである。

【0020】請求項7対応の発明は、請求項6対応の発明において、導電層は、超音波の出力及び受信特性を改善する音響整合の機能を有するように形成されているものである。請求項8対応の発明は、請求項5乃至請求項7のいずれか1項対応の発明において、圧電体は、圧電セラミックスと樹脂とからなる複合圧電体であるものである。請求項9対応の発明は、請求項5乃至請求項7のいずれか1項記載の発明において、圧電体は、圧電セラミックスと空隙とからなる構造を備えたものである。

【0021】請求項10対応の発明は、請求項8乃至請求項9のいずれか1項記載の発明において、圧電セラミックスの超音波出力面又はこの超音波出力面の反対側の面のいずれか一方の面又は両方の面に焼き付け銀電極を形成したものである。請求項11対応の発明は、請求項1乃至請求項10のいずれか1項記載の発明において、独立して超音波を出力すると共にそれぞれ反射した超音波を受信する複数個の圧電振動子を備えたアレイ型であるものである。

【0022】請求項12対応の発明は、超音波トランスジューサで使用される複合圧電体の製造方法において、圧電セラミックス間の間隙に表面硬化型の樹脂を充填する充填工程と、この充填工程で圧電セラミックス間の間隙に充填された樹脂の超音波出力面及びこの超音波出力面に対応する表面層を硬化させる硬化工程と、この硬化工程で表面層が硬化した樹脂の内部の硬化しない部分を取り除いて圧電セラミックス間に硬化した樹脂よりも音響インピーダンスの十分小さな材料で置換する置換工程とを備えたものである。請求項13対応の発明は、請求項12対応の発明において、表面硬化型の樹脂は、紫外線硬化樹脂であるものである。請求項14対応の発明は、請求項12及び請求項13のいずれか1項対応の発明において、音響インピーダンスの十分小さな材料として気体を用いるものである。

【0023】

【発明の実施の形態】以下、この発明の第1の実施の形態を図1を参照して説明する。図1は、この発明を適用した超音波トランスジューサの要部構成を示す斜視図である。複合圧電体1は、圧電セラミックスとエポキシ樹脂とから構成され、振動(超音波発生)に関与する有効部分Yのみ、スライス方向(矢印S方向)において複数個に分割されて、柱状の圧電セラミックスエレメント1-1の間にエポキシ樹脂1-2が充填されており、その振動しない無効部分Nはスライス方向においては分割されず圧電セラミックス1-3のみから構成されている。また、アレイ方向(矢印A方向)においては、アレイ方向の全

域にわたって予め設定された個数(チャンネル数)に分割されている。

【0024】この複合圧電体1の超音波の出力面としての前面(上面)には、薄膜電極からなる共通電極(アース電極)2が形成され、この共通電極2は、有効部分Yからスライス方向に前記複合圧電体1の前面の反対側の背面(下面)の引き回し側の無効部分Nまで引き回されている。前記複合圧電体1の背面には、薄膜電極からなる駆動電極3が形成され、この駆動電極3は、有効部分Yからスライス方向に前記共通電極2が引き回された無効部分Nとは反対側の無効部分Nまで引かれている。

【0025】前記共通電極2の前記複合圧電体1の背面の無効部分Nに引き回された部分の背面には、アース線を引出すためのアース板4の先端が導電性ペースト5により電氣的に接続されており、前記駆動電極3の無効部分Nの背面には、信号線を引出すための信号用のフレキシブルプリント配線板(以下、信号用FPCと称する)6の先端が導電性ペースト7により電氣的に接続されている。なお、前記アース板4の代わりにリード線等を使用しても良いものである。

【0026】前記複合圧電体1の前面に形成された前記共通電極2の前面に、有効部分Yを十分に覆うように音響整合層8が形成され、前記複合圧電体1の背面に形成された前記駆動電極3及び共通電極2の引き回された部分の背面、前記アース板4の接続部分の背面、前記信号用FPC6の接続部分の背面に、すなわち、前記複合圧電体1の背面の全面にわたって、バックング材9が形成されている。

【0027】このような構成の第1の実施の形態において、複合圧電体1を製造する工程では、スライス方向において、無効部分Nの分割溝を形成する加工が必要無く、有効部分Yのみ分割溝を形成する加工が行われる。このように第1の実施の形態によれば、複合圧電体1を製造する工程においてスライス方向における分割溝の加工が無効部分Nでは必要無く、有効部分Yのみとすることにより、製造時間及び製造コストを削減することができる。

【0028】この発明の第2の実施の形態を図2を参照して説明する。図2は、この発明を適用した超音波トランスジューサの要部構成を示すスライス方向の断面図である。複合圧電体11は、前述した第1の実施の形態の複合圧電体1と同一のものである。この複合圧電体11の前面の有効部分Yには、薄膜電極からなる共通電極(アース電極)12が形成され、その背面の有効部分Yには、薄膜電極からなる駆動電極13が形成されている。

【0029】前記複合圧電体11の前面の一方の無効部分Nからスライス方向に背面の引き回し側の無効部分Nまで焼き付け銀電極からなる補助共通電極14が形成され、この補助共通電極14は、前記共通電極12とは電氣的に接続されているが、前記駆動電極13とは絶縁さ

れている。前記複合圧電体11の背面の前記補助共通電極14が引き回された側とは反対側の無効部分Nには焼き付け銀電極からなる補助駆動電極15が形成され、この補助駆動電極15は前記駆動電極13と電氣的に接続されている。

【0030】前記補助共通電極14の前記複合圧電体11の背面の無効部分Nに引き回された部分の背面には、アース線を引出すためのアース板16の先端が半田付けにより電氣的に接続されており、前記補助駆動電極15の背面には信号線を引出すための信号用FPC17の先端が半田付けにより電氣的に接続されている。なお、前記アース板16の代わりにリード線等を使用しても良いものである。

【0031】前記複合圧電体11の前面に形成された前記共通電極12の前面に、有効部分Yを覆うように音響整合層18が形成され、前記複合圧電体11の背面に形成された前記駆動電極13の背面、前記補助共通電極14の引き回された部分の背面、前記補助駆動電極15の背面、前記アース板16の接続部分の背面、前記信号用FPC17の接続部分の背面に、すなわち前記複合圧電体11の背面の前面にわたって、バッキング材19が形成されている。

【0032】このように第2の実施の形態によれば、前述の第1の実施の形態と同様な効果を得ることができ、さらに、複合圧電体11の振動(超音波発生)に関与する有効部分Yに対しては、薄膜電極からなる共通電極12及び駆動電極13を形成して、複合圧電体11の振動子としての結合係数を低下させることがなく、その振動しない無効部分Nに対しては、焼き付け銀電極からなる補助共通電極14及び補助駆動電極15を形成して、電極自体の強度を向上させ、信号線の引出し部分を半田付け等の強度の高い接合が使用できるようにしたことにより、超音波トランスジューサとしての特性及び信頼性、さらに取り扱いの作業性の向上を図ることができる。

【0033】この発明の第3の実施の形態を図3を参照して説明する。図3は、この発明を適用した超音波トランスジューサの要部構成を示す斜視図である。複合圧電体21は、圧電セラミックスとエポキシ樹脂とから構成され、スライス方向(矢印S方向)において複数個に分割され、柱状の圧電セラミックスエレメント21-1の間にエポキシ樹脂21-2が充填されており、アレイ方向(矢印A方向)においては予め設定された個数に分割されている。

【0034】この複合圧電体21の前面には、薄膜電極からなる共通電極(アース電極)22が形成されており、この共通電極22はアレイ方向に予め設定された個数に分割されているが電氣的には接続されて共通電極となっており、またスライス方向においては分割されていない。前記複合圧電体21の背面には、薄膜電極からなる駆動電極23が形成されており、この駆動電極23も

アレイ方向に予め設定された個数に分割されているがスライス方向においては分割されていない。さらに、この駆動電極23の背面には、金属箔24が導電性接着剤等により電氣的に接続固定され、この金属箔24もアレイ方向に予め設定された個数に分割されているがスライス方向においては分割されていない。

【0035】前記共通電極22の前面には、音響整合層25が形成され、前記金属箔24の背面にバッキング材26が形成されている。前記共通電極22は全てグラウンド(0[V])に接続され、アレイ方向において予め設定された個数に分割された前記各駆動電極23は、それぞれ各駆動回路27-1、27-2、…、に接続されて、それぞれ駆動信号(送信信号)が供給され、受信信号(検出信号)が出力されるようになっている。

【0036】このような構成の第3の実施の形態の超音波トランスジューサは、例えば以下に説明するようにして製造される。まず、複合圧電体21の元になる圧電セラミックス板(図示せず)の一方の面に、後にスライス方向になる方向において複数個に分割する分割溝(アレイ方向に伸びる溝)を形成する。

【0037】この分割溝にエポキシ樹脂を充填し、この樹脂が硬化した後に、圧電セラミックス板の他方の面を研削加工して、圧電セラミックス板をスライス方向において複数個に分割する。しかし、分割した圧電セラミックス板は、充填した樹脂により接合されており分離することはない。この樹脂により接合されている圧電セラミックス板の分割物の超音波を出力する面となる前面及びその反対側の背面に、スパッタ法又は蒸着法により薄膜電極を形成する。前面に形成された薄膜電極は後に共通電極22になり、背面に形成された薄膜電極は後に駆動電極23になる。

【0038】次に、駆動電極23になる薄膜電極の背面に金属箔24が導電性接着剤等によって電氣的及び機械的に接続固定する。次に、共通電極22になる薄膜電極の前面に音響接合層25を形成し、金属箔24の背面にバッキング材26を形成する。次に、後にアレイ方向になる方向(スライス方向に対して直交する方向)において予め設定された個数に分割する分割溝を形成する。この分割溝は、音響整合層25、共通電極22、圧電セラミックス板のスライス方向における分割物、駆動電極23、金属箔24を通り、バッキング材26の表層部に到達するように形成される。

【0039】次に、この分割溝に樹脂(アレイ方向における超音波振動子間で超音波の送信・受信におけるクロストークの発生原因となる水等の異物が侵入するのを防ぎ、しかも音響インピーダンスの低い柔らかな樹脂)を充填する。この樹脂が硬化した後、アレイ方向において予め設定された個数に分割された全ての共通電極22を共にグラウンドへ接続し、アレイ方向において予め設定された個数に分割された各駆動電極23又は各金属箔2

4を、それぞれ該当する駆動回路27-1、27-2、…、へ接続する。

【0040】このように第3の実施の形態によれば、駆動電極23の背面に金属箔24を導電性接着剤等により接続配置したことにより、駆動電極23の強度を補強して損傷(断裂)を防止することができると共に、たとえば、駆動電極23に損傷が生じて金属箔24により電極の機能は補償される。なお、この第3の実施の形態では、金属箔24を駆動電極23の背面に配置したものについて説明したが、この発明はこれに限定されるものではなく、共通電極22の前面に配置したもの及び、共通電極22及び駆動電極23の両方に金属箔を配置したものでも良いし、さらに金属箔24の代わりに導電性接着剤を薄く塗布して導電層を形成するものでも良いものである。さらに、金属箔24を形成した面については、薄膜電極の形成を省略することができ、この場合には金属箔24を直接複合圧電体(圧電セラミックスエレメント)に電気接続することが必要になる。この金属箔についての議論は、導電性接着剤によって導電層の電極を形成した場合にも当てはまることである。

【0041】また、予め圧電セラミックス板の一方の面又は両面に焼き付け銀電極を形成しておき、この焼き付け銀電極も一緒に、圧電セラミックス板を上述したようにスライス方向及びアレイ方向において分割して樹脂を充填し、その後、薄膜電極を形成すれば、圧電セラミックスと(前面及び背面における)薄膜電極との界面に焼き付け銀電極を形成することが可能である。なお、この第3の実施の形態では、超音波トランスジューサの製造方法の1つの例を説明したが、この発明はこれに限定されるものではなく、製造方法については適宜変更することが可能である。

【0042】この発明の第4の実施の形態を図4を参照して説明する。図4は、この発明を適用した超音波トランスジューサの要部構成を示す斜視図である。複合圧電体31は、スライス方向(矢印S方向)において複数個に分割され、アレイ方向(矢印A方向)において予め設定された個数に分割された柱状の圧電セラミックスエレメント31-1から構成され、これらの各圧電セラミックスエレメント31-1の間隙は空隙となっている。

【0043】この複合圧電体31の前面には、導電性接着剤等により導電層32が形成されており、この導電層32はアレイ方向において予め設定された個数に分割され、スライス方向においては分割されていない。なお、この導電層32は、音響整合層として最適な材料の導電性接着剤により必要な厚さと形状に形成されており、その前面には保護用の被覆(図示せず)が形成されている。前記複合圧電体31の背面には、金属箔33が導電性接着剤等により電氣的に接続されて配置され、この金属箔33もアレイ方向において予め設定された個数に分割され、スライス方向においては分割されていない。この

金属箔33の背面には、バッキング材34が形成され、このバッキング材34はアレイ方向及びスライス方向においても分割されていない。前記導電層32は全てグラウンド(0[V])に接続され、アレイ方向において予め設定された個数に分割された前記各金属箔33は、それぞれ各駆動回路35-1、35-2、…、に接続されて、それぞれ駆動信号(送信信号)が供給され、受信信号(検出信号)が出力されるようになっている。

【0044】このような構成の第4の実施の形態の超音波トランスジューサは、例えば以下に説明するようにして製造される。まず、複合圧電体31の元になる圧電セラミックス板(図示せず)の一方の面(後に超音波が出力される面、前面となる面)に、(音響整合層の材質として最適な)導電性接着剤によって所定の厚さ及び形状(音響整合層としての機能が得られる厚さ及び形状)の導電層32を形成する。次に、圧電セラミックス板の他方の面、すなわち導電層32が形成されていない方の面から、導電層32の表層部に到達する、後にスライス方向になる方向において複数個に分割する分割溝(アレイ方向に伸びる溝)を形成する。この分割溝の形成により圧電セラミックス板はスライス方向において複数個に分割されることになるが、導電層32により連結して分離することはない。

【0045】次に、この導電層32により連結している圧電セラミックスの分割物の背面に金属箔33を導電性接着剤等によって電氣的及び機械的に接続固定する。なお、このとき導電性接着剤が後に圧電セラミックスエレメントの間の空隙に侵入しないように、導電性接着剤を金属箔33に必要最小限の薄さで塗布する等の配慮が必要である。次に、金属箔33の背面にバッキング材34を形成する。

【0046】次に、後にアレイ方向になる方向において予め設定された個数に分割する分割溝を形成する。この分割溝は、導電層32、圧電セラミックス板のスライス方向における分割物、金属箔33、バッキング材34の表層部に到達するようにする。

【0047】次に、導電層32の前面に保護用の被覆を形成する。次に、アレイ方向において予め設定された個数に分割された全ての導電層32を共にグラウンドへ接続し、アレイ方向において予め設定された個数に分割された各金属箔33を、それぞれ該当する駆動回路35-1、35-2、…、へ接続する。

【0048】このように第4の実施の形態によれば、圧電セラミックス板をスライス方向及びアレイ方向において分割して形成された各圧電セラミックスエレメントの間隙を空気で充填する(空洞とする)ことができるので、音響インピーダンスを低くして、電気機械結合係数を増大させ、超音波トランスジューサとして感度を向上させることができる。

【0049】なお、この第4の実施の形態では、導電層

32を音響整合の機能を持たせるようにしているが、導電層32の前面に専用の音響整合層を形成しても良いものである。また、圧電セラミックスの前面に導電層32が形成され、その背面に金属箔33が形成されているものについて説明したが、この発明はこれに限定されるものではなく、例えば、逆に圧電セラミックスの前面に金属箔33が形成され、その背面に導電層32が形成されているものでも良いものである。しかし、この場合には、金属箔33の前面に音響整合層を形成する必要がある。

【0050】また、この第4の実施の形態では、柱状の圧電セラミックスエレメントの間隙は、空気で充填されていた(空洞となっていた)が、アレイ方向における超音波振動子(圧電セラミックスエレメント)間で超音波の送信・受信におけるクロストークの発生原因となる水等の異物が侵入するのを防ぎ、しかも音響インピーダンスの低い柔らかな樹脂を充填しても良いものである。すなわち、この充填する樹脂は、圧電セラミックスエレメントを結合させる機能が求められておらず、この点が上述した第1、第2、第3の実施の形態で使用した樹脂(エポキシ樹脂)とは異なる点である。なお、この第4の実施の形態では、超音波トランスジューサの製造方法の1つの例を説明したが、この発明はこれに限定されるものではなく、製造方法については適宜変更することが可能である。

【0051】この発明の第5の実施の形態を図5を参照して説明する。図5は、この発明を適用した超音波トランスジューサの要部構成を示す斜視図である。複合圧電体41は、前述の第3の実施の形態で説明したものと同一である。この複合圧電体41の前面には、薄膜電極からなる共通電極(アース電極)42が形成されており、この共通電極42はアレイ方向において予め設定された個数に分割されているがスライス方向においては分割されていない。前記複合圧電体41の背面には、焼き付け銀電極43が形成されており、この焼き付け銀電極43はアレイ方向において予め設定された個数に分割されていると共にスライス方向においても複数個に分割されている。さらに、この焼き付け銀電極43の背面には、導電層44が導電性接着剤等により電氣的及び機械的に接続されており、この導電層44もアレイ方向において予め設定された個数に分割されているがスライス方向においては分割されていない。

【0052】前記共通電極42の前面には、音響整合層45が形成され、この音響整合層45はアレイ方向において予め設定された個数に分割されているがスライス方向においては分割されていない。前記導電層44の背面には、バックング材46が形成され、このバックング材46はアレイ方向及びスライス方向においても分割されていない。前記共通電極42は全てグラウンド(0[V])に接続され、アレイ方向において予め設定された

個数に分割された前記各焼き付け銀電極43は、それぞれ各駆動回路47-1、47-2、…、に接続されて、それぞれ駆動信号(送信信号)が供給され、受信信号(検出信号)が出力されるようになっている。

【0053】このような構成の第5の実施の形態の超音波トランスジューサは、例えば以下に説明するようにして製造される。まず、複合圧電体41の元になる圧電セラミックス板(図示せず)の一方の面(後に超音波が出力される前面の反対側の面となる面)の全面に、焼き付け銀電極43を形成する。

【0054】この焼き付け銀電極43を形成した側の面に、後にスライス方向になる方向において複数個に分割する分割溝(アレイ方向に伸びる溝)を形成する。この分割溝にエポキシ樹脂を充填し、この樹脂が硬化した後に、圧電セラミックス板の他方の面を研削加工して、圧電セラミックス板をスライス方向において複数個に分割する。しかし、分割した圧電セラミックスは、充填した樹脂により接合されており分離することはない。この樹脂により接合されている圧電セラミックス板の分割物の前面に、スパッタ法又は蒸着法により薄膜電極の共通電極42を形成する。また、その圧電セラミックス板の分割物の背面に、導電性接着剤により導電層44を形成する。

【0055】次に、共通電極42の前面に音響整合層45を形成し、さらに前記導電層44の背面にバックング材46を形成する。次に、後にアレイ方向になる方向(スライス方向に対して直交する方向)において、予め設定された個数に分割する分割溝を形成する。この分割溝は、導電層44を分割しないように、音響整合層45、共通電極42、圧電セラミックス板5のスライス方向における分割物、焼き付け銀電極43を通り、導電層44の表面に到達するように形成される。

【0056】次に、この分割溝に樹脂(アレイ方向における超音波振動子間で超音波の送信・受信におけるクロストークの発生原因となる水等の異物が侵入するのを防ぎ、しかも音響インピーダンスの低い柔らかな樹脂)を充填する。この樹脂が硬化した後、アレイ方向において予め設定された個数に分割された全ての共通電極42を共にグラウンドへ接続し、アレイ方向において予め設定された個数に分割された各焼き付け銀電極43を、それぞれ該当する駆動回路47-1、47-2、…、へ接続する。

【0057】このように第5の実施の形態によれば、複合圧電体の予め焼き付け銀電極が形成された背面に導電性接着剤により形成された導電層44を形成したことにより、複合圧電体の電極として十分な耐久性を備え、損傷による電極不良の発生を防止することができる。なお、この第5の実施の形態では、導電層44を複合圧電体41の背面側に形成した例で説明したが、この発明はこれに限定されるものではなく、導電層44を複合圧電

体41の前面側に形成しても良いし、また複合圧電体の前面及び背面の両方に形成しても良いものである。

【0058】さらに、焼き付け銀電極43も複合圧電体41の前面又は背面のいずれか一方又は両方に形成しても良いものである。さらに、導電層44が形成されている側については焼き付け銀電極43の形成を省略することもできる。なお、この第5の実施の形態では、超音波トランスジューサの製造方法の1つの例を説明したが、この発明はこれに限定されるものではなく、製造方法については適宜変更することが可能である。

【0059】この発明の第6の実施の形態を図6及び図7を参照して説明する。この第6の実施の形態では、複合圧電体として電気機械結合係数を高くして感度を向上させたものを説明する。すなわち、複合圧電体の柱状の圧電セラミックスエレメントの間の間隙が空気又は音響インピーダンスの小さな媒体(液体、気体を含む)で充填されたものである。

【0060】図6及び図7を参照して、上述した複合圧電体の製造方法を説明する。まず、複合圧電体の元になる圧電セラミックス板51を、図6(a)に示すように、透明な(紫外線の透過率が高い)ガラス基台52の上に固定された透明な(紫外線の透過率が高い)接着シート53により設置する。次に、圧電セラミックス板51の接着シート53により接着されていない側の面から、図6(b)に示すように、ダイシングマシン等により、後にスライス方向になる方向において複数個に分割する分割溝(アレイ方向に伸びる溝)及び後にアレイ方向(スライス方向に直交する方向)になる方向において予め設定された個数に分割する分割溝(スライス方向に伸びる溝)を形成する。この分割溝は、圧電セラミックス板51を通して接着シート53の上層部に到達するようにする。

【0061】次に、紫外線硬化樹脂54を分割溝に充填する。このとき圧電セラミックス板51の上面からの紫外線硬化樹脂54の上面からの盛上りの高さは、予め設定された高さとなるように調整される。次に、この圧電セラミックス板51の分割溝に充填された紫外線硬化樹脂54の上面及び下面に対して、予め設定された強度の紫外線を予め設定された時間だけ照射して、図7(a)の斜線部分により示すように、紫外線硬化樹脂54の上表層部及び下表層部の予め設定された強度(複合圧電体の各圧電セラミックスエレメントの結合するのに十分な強度)を持つ厚さ分を硬化させる。

【0062】次に、図7(b)に示すように、紫外線硬化樹脂54により接合された圧電セラミックス板51を接着シート53から剥がし、接着シート53に接触していた側の紫外線硬化樹脂54の所定箇所に硬化した部分を貫通する孔を形成し、内部の硬化していない紫外線硬化樹脂54を外部へ排出する。次に、紫外線硬化樹脂54の圧電セラミックス板51の分割溝の両面から盛上

っている(はみだしている)部分を切削加工により除去して、図7(c)に示すように、圧電セラミックス板51の厚みを持つ複合圧電体を形成する。次に、図7(d)に示すように、この複合圧電体の両面に電極55、56を形成する。

【0063】このように第6の実施の形態によれば、複合圧電体の圧電セラミックスエレメント間の結合させると共にその間隙を空洞とする紫外線硬化樹脂54を形成したことにより、電気機械結合係数を高くして感度を向上させることができる。また、この第6の実施の形態では、硬化させた紫外線硬化樹脂54の内部の硬化していない部分を外部へ排出した後、空洞(空気を充填)状態のままとしたが、この発明はこれに限定されるものではなく、代わりに音響インピーダンスの小さな樹脂を充填しても良いものである。なお、この第6の実施の形態では、紫外線硬化樹脂について説明したが、この発明はこれに限定されるものではなく、例えば空気に反応して硬化する樹脂等表層部のみを硬化させることができる樹脂ならば適用可能である。

【0064】なお、上述した各実施の形態においては、アレイ型の超音波トランスジューサ(アレイブローブ)について説明したが、この発明はこれに限定されるものではなく、シングル型の超音波トランスジューサ(シングルブローブ)にも適用できるものである。もちろん、シングル型の超音波トランスジューサでは、アレイ方向において予め設定された個数に分割する必要はないので、そのアレイ方向における分割のための分割溝の形成及びその分割溝への樹脂の充填を省くことができ、製造時間及びコストを削減することができる。

【0065】

【発明の効果】以上詳述したようにこの発明によれば、複合圧電体の製造時間及びコストを低減することができる超音波トランスジューサを提供できる。また、複合圧電体の電気機械結合係数を高くして、感度の向上を図ることができる超音波トランスジューサを提供できる。また、複合圧電体の電極の不良を防止することができる超音波トランスジューサを提供できる。さらに、電気機械結合係数の高い複合圧電体を簡単に製造することができる複合圧電体の製造方法を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の第1の実施の形態の超音波トランスジューサの要部構成を示す斜視図。

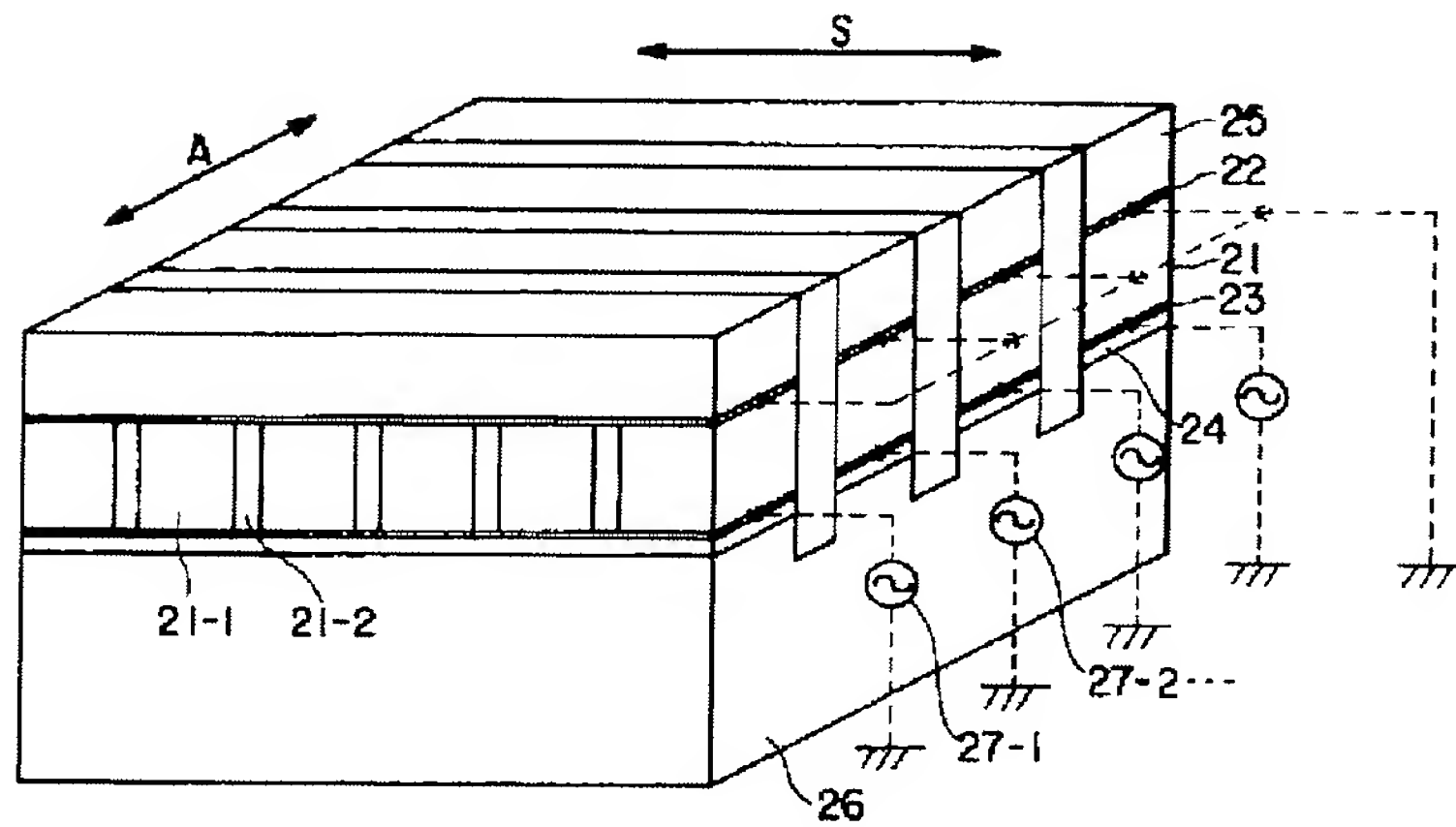
【図2】この発明の第2の実施の形態の超音波トランスジューサの要部構成を示すスライス方向の断面図。

【図3】この発明の第3の実施の形態の超音波トランスジューサの要部構成を示す斜視図。

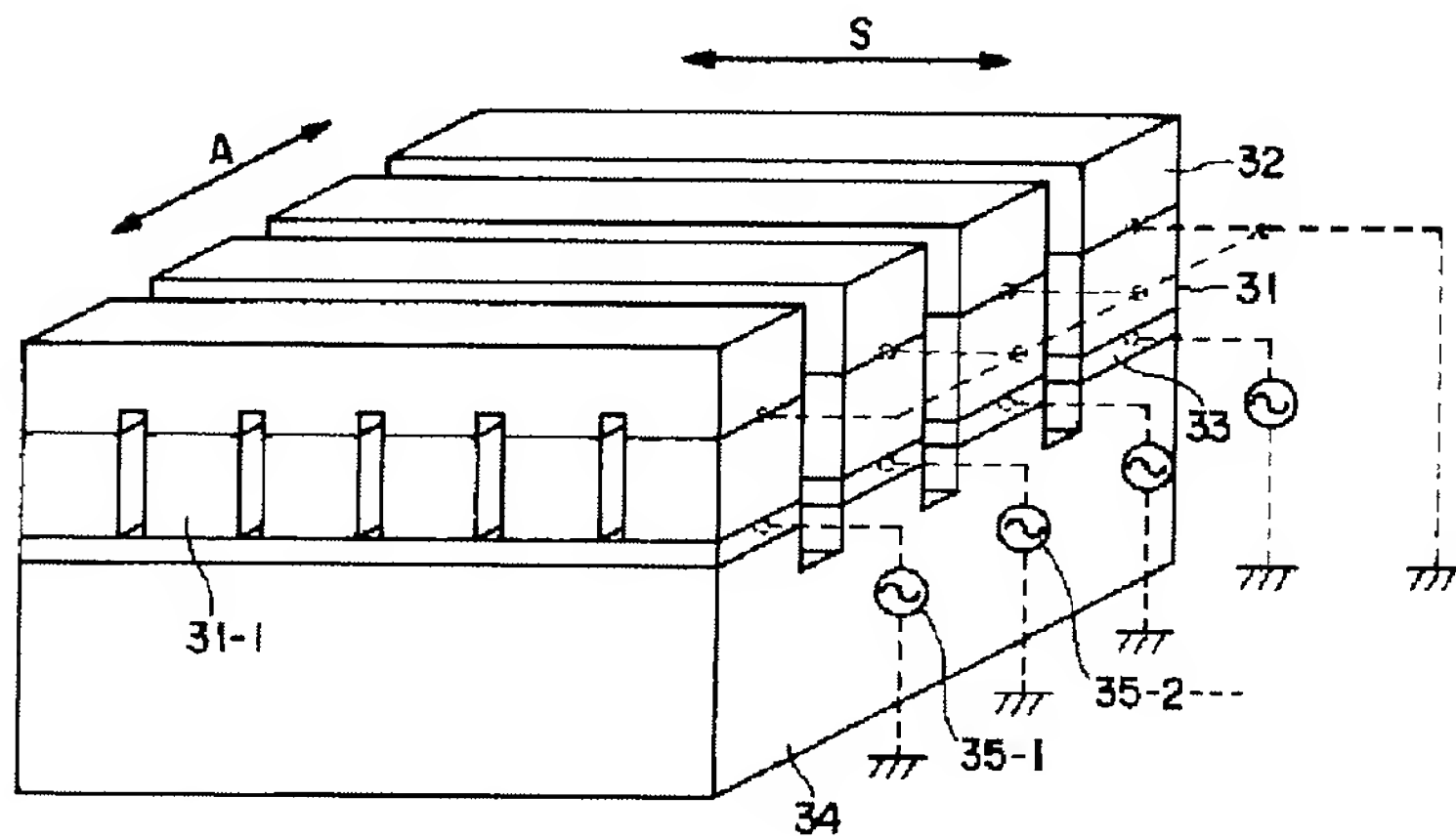
【図4】この発明の第4の実施の形態の超音波トランスジューサの要部構成を示す斜視図。

【図5】この発明の第5の実施の形態の超音波トランスジューサの要部構成を示す斜視図。

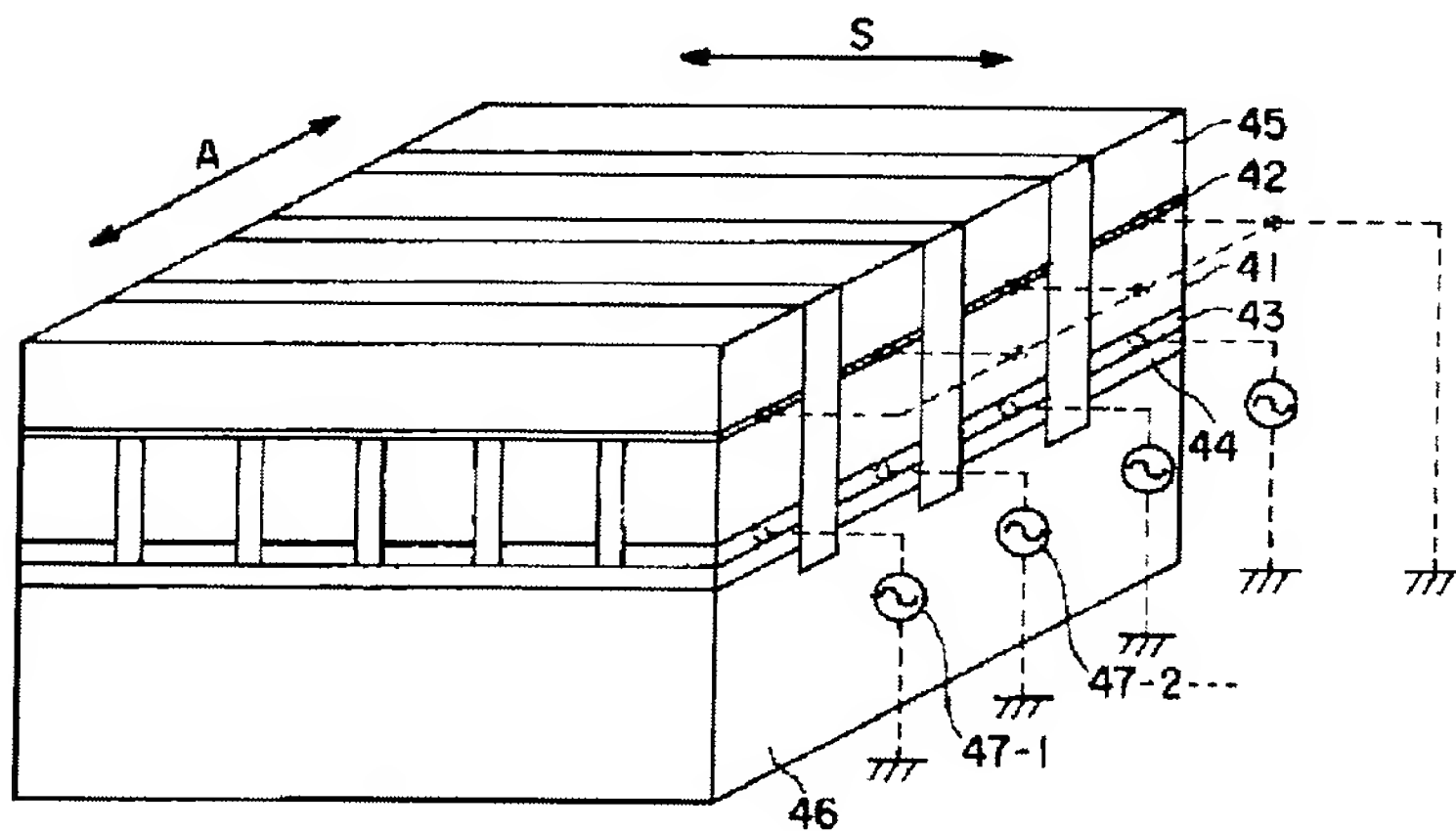
【図3】



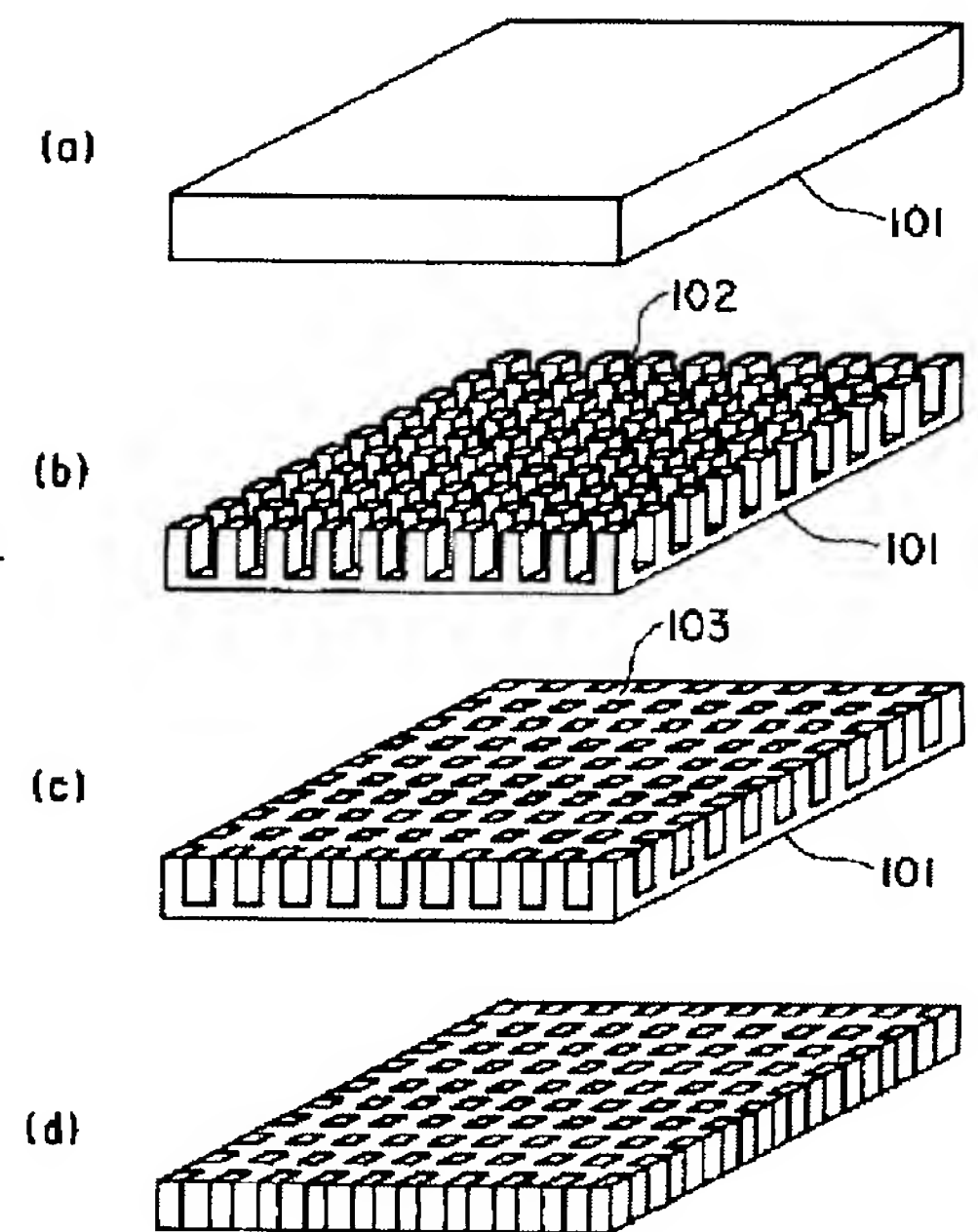
【図4】



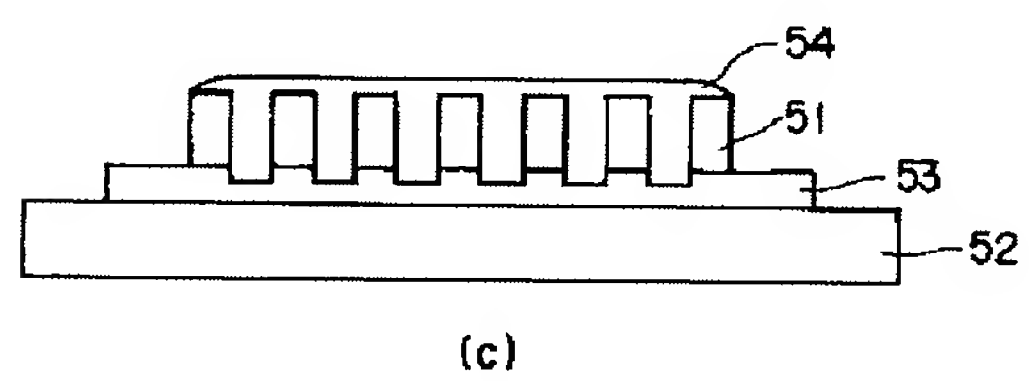
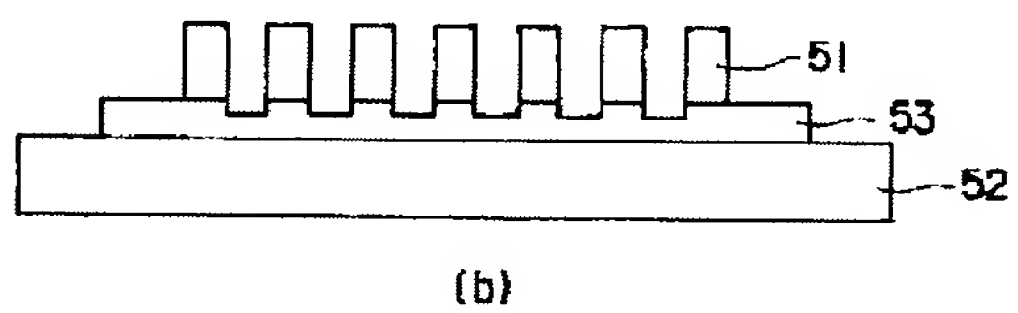
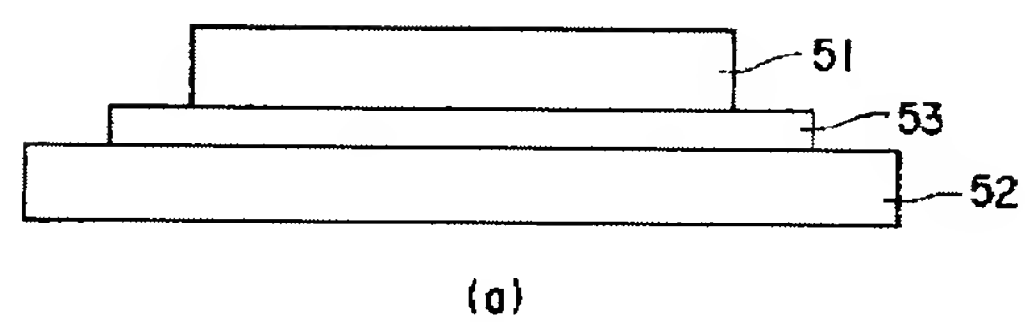
【図5】



【図8】



【図6】



【図7】

